

Aus dem Institut für zahnärztliche Werkstoffkunde und Technologie  
(Leiter: Prof. Dr. H. Marx)  
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten  
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

Vergleichende  
Abrieb- und Härteprüfungen  
an  
zahnärztlichen Verblendkunststoffen

Inauguraldissertation  
zur Erlangung der Würde des Doktors der Zahnmedizin  
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz  
in dem Fachbereich Medizin

vorgelegt  
von Hermann Ewe aus Castrop-Rauxel

Mainz 1981



Aus dem Institut für zahnärztliche Werkstoffkunde  
und Technologie (Leiter: Prof. Dr. H. Marx) der  
Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kiefer-  
krankheiten der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vergleichende Abrieb- und Härteprüfungen  
an zahnärztlichen Verblendkunststoffen

Inauguraldissertation  
zur Erlangung der Würde des Doktors der  
Zahnmedizin der Johannes-Gutenberg-Universität  
in Mainz, dem Fachbereich Medizin

vorgelegt von  
Hermann Ewe  
aus Castrop-Rauxel

Mainz 1981



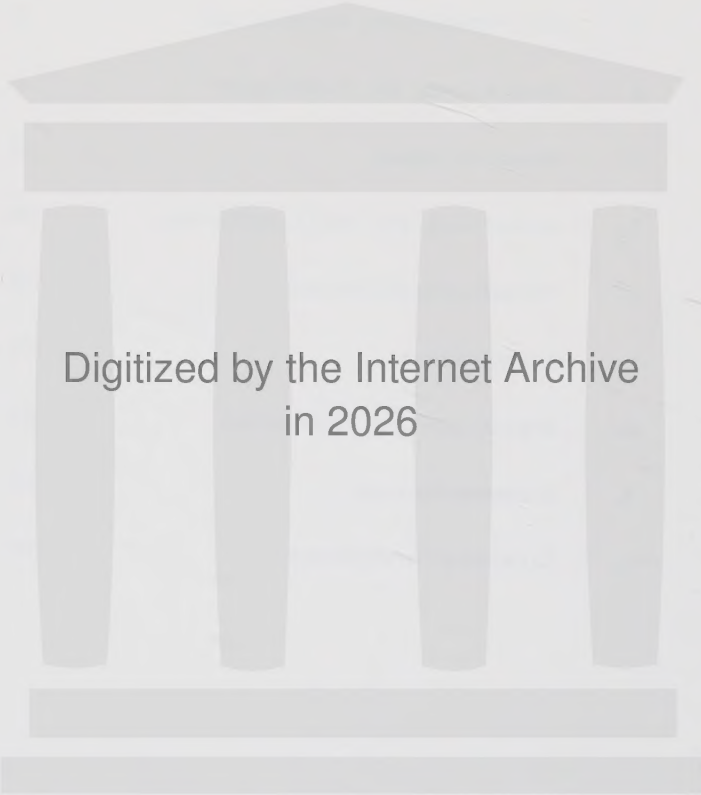
|               |                            |
|---------------|----------------------------|
| Dekan:        | Professor Dr. K.-H. Bäßler |
| 1. Gutachter: | Professor Dr. H. Marx      |
| 2. Gutachter: | Professor Dr. K. Fuhr      |

Tag der mündlichen Prüfung: 11.Nov.1981



## INHALTSVERZEICHNIS

|                                   | Seite |
|-----------------------------------|-------|
| 1. Einleitung                     | 1     |
| 2. Die verwendeten Materialien    | 3     |
| 3. Herstellung der Prüfkörper     | 4     |
| 4. Wasseraufnahme                 | 8     |
| 5. Auswertung der Quellungskurven | 15    |
| 6. Versuchsdurchführung           | 17    |
| 7. Härteprüfung                   | 27    |
| 8. Ergebnisse und Diskussion      | 39    |
| 9. Zusammenfassung                | 45    |
| 10. Literaturverzeichnis          | 46    |



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

## 1. EINLEITUNG

Das Ziel der prothetischen Zahnheilkunde liegt darin, neben der Wiederherstellung der mastikatorischen und phonetischen Funktion, eine für den Patienten befriedigende physiognomische Lösung zu finden. Falls die Indikation für einen festsitzenden Zahnersatz in Form von Kronen oder Brücken gegeben ist, stellt sich dem Zahnarzt die Frage, die Verblendung im sichtbaren Bereich mit Kunststoff oder keramischen Massen vorzunehmen.

Durch den wesentlich einfacheren Verarbeitungsvorgang bei der Verblendung mit Kunststoffmaterialien ist der finanzielle Aufwand deutlich geringer. Dem gegenüber stehen viele Probleme, welche durch das spezielle Milieu Mundhöhle bedingt sind. Die hier vorliegenden chemischen, thermischen und mechanischen Belastungen können nach längerer Tragedauer von kunststoffverblendetem Zahnersatz zu Veränderungen führen, welche bei der Anwendung von Kunststoffen in der Verblendtechnik noch viele Fragen offen lassen.

Neben den Nachteilen der mangelnden Farbbeständigkeit und minderer Gewebsverträglichkeit hat vor allem das den Keramikmassen gegenüber schlechtere Abriebverhalten und die geringere Härte die Anwendung von Kunststoffverblendungen eingeschränkt.

Gerade diese mangelnde Abrasionsfestigkeit hat in der letzten Zeit einige Firmen bewogen, neue Materialien auf den Markt zu bringen, welche in Bezug auf Härte und Abriebverhalten nach den Angaben der Hersteller deutlich bessere Werte aufweisen, als die bisher verwandten Kunststoffe.



Ziel der vorliegenden Arbeit soll es sein, Verblendkunststoffe von vier Herstellern auf ihre Härte und Abrasionsfestigkeit zu untersuchen und evtl. einen Zusammenhang zwischen diesen beiden Eigenschaften aufzuzeigen. Diese Aufgabenstellung ergibt sich u.a. aus den Prospekten der Hersteller, welche oft nur Härtewerte angeben, ohne näher auf das Abriebverhalten ihrer Produkte einzugehen.



## 2. DIE VERWENDETEN MATERIALIEN

| Flüssigkeit           | Polym. Art | Hersteller          | Chem. Zusammensetzung                                                          |
|-----------------------|------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Biodent K+B 75        | K          | Kaltpolymerisation  | Polymere mit anorganischen Füllstoffen auf Glas-Keramik-Basis                  |
|                       | S          | Druck-Heiß-Polym.   |                                                                                |
|                       | N          | Polymerisation im   |                                                                                |
|                       |            | Wasswebad           |                                                                                |
| Vita K+B 93           | normal     | Polym. i. Wasserbad | Polymer-Rohstoffe ohne Füllstoffe                                              |
|                       | spezial    | Druck-Heiß-Polym.   |                                                                                |
| Palapont 77 microfill | K          | Kaltpolym.          | Polymere mit pyrogenem Siliciumdioxid (SiO <sub>2</sub> ) als anorg. Füllstoff |
|                       | M+         | Druck-Heiß-Polym.   |                                                                                |
|                       | P          | Polym. i. Wasserbad |                                                                                |
| SR-Isosit-PE          |            | Druck-Heiß-Polym.   | modif. Bowen-Vernetzer mit pyrolyt. Kieselsäure                                |



### 3. HERSTELLUNG DER PRÜFKÖRPER

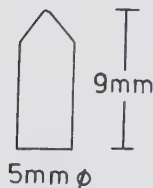
Da es sich bei den zu untersuchenden Materialien ausschließlich um Kunststoffverblendmassen handelte, wurde aus dem Sortiment der Hersteller Dentinmasse ausgewählt, welche die Nr. 23 der Biodent-Farbskala hatte bzw. dieser Farbe entsprach.

Eine Prüfung sowohl der Härte als auch des Abrasionsverhaltens bei den vorliegenden Materialien machte die Herstellung von zwei unterschiedlichen Formen von Prüfkörpern notwendig.

#### 3.1. Herstellung der Prüfkörper für die Abrasionmessung

Bei der Untersuchung des Abriebverhaltens wurde der gleiche Versuchsaufbau gewählt, wie ihn bereits BEGER (1) und GALLER (4) beschrieben hatten. Hieraus resultierte auch die Form der Prüfkörper, nämlich Kunststoffzylinder, die an einem Ende konisch ausliefen.

Form der Prüfkörper:





Zur Herstellung der Prüfkörper wurde eine Messingform verwandt, die aus drei Teilen bestand. In zwei gleich große Messingplatten, die mit Stiften und einer Schraube fest miteinander verbunden werden konnten, wurden mit einem Bohrer von 5 mm Durchmesser Löcher von 11 mm Tiefe gebohrt. Nach dem Lösen der Platten lagen nun zwei identische Halbformen vor. In den Deckel der Form eingelassene Stahlstifte ermöglichten es, die Prüfkörper auch in ihrer Länge gleich zu gestalten.



Abb. 1      Form für die Herstellung der Prüfkörper



Anfängliche Versuche, die eingebrachten Materialien mit Vaseline gegen die Form zu isolieren, erbrachten nur ungenügende Ergebnisse. Neben einer mangelnden Isolierung ergab sich, daß die Ebenheit der Oberfläche der Prüfkörper durch die Vaseline stark beeinträchtigt wurde. Eine Hochglanzpolitur der Innenfläche der Messingform ergab Prüfkörper mit einer sehr glatten Oberfläche, die sich leicht und ohne Rückstände aus der Form entfernen ließen.

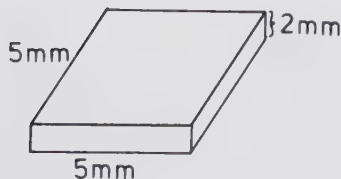
Nachdem die Materialien nach den Angaben der Hersteller bei 23 °C Raumtemperatur verarbeitet worden waren, wurden die entstandenen dünnen Preßfahnen durch Naßschleifen entfernt.

### 3.2. Herstellung der Prüfkörper für die Härteprüfung

Die Härteuntersuchungen sollten mit der Kleinlast-Härtemeßmethode nach MÜLLER (12) durchgeführt werden.

Die Prüfkörper wurden in einer Messingküvette mittels einer Gipsform hergestellt.

Form der Prüfkörper:





Damit die Prüfkörper auf dem Glasträger des Härtemeßgerätes mit ihrer ganzen Fläche auflagen und die Oberfläche keine Unebenheiten aufwies, wurden sie mit einer rotierenden, aufgerauhten Glasscheibe bearbeitet, wobei sie mit destilliertem Wasser umspült wurden. Diese Methode wurde gewählt, um eine möglichst gleichmäßige Politur aller Prüfkörper zu erreichen und um ein Eindringen von Polierpaste in das Material zu verhindern. Das Ergebnis waren Prüfkörper mit einer glatten Oberfläche, die sich von einem vergleichsweise mit Paste und Bürsten poliertem Objekt nicht unterschied.



#### 4. WASSERAUFNAHME

Die Eigenschaft der Kunststoffe, Wasser aufzunehmen und dadurch zu quellen, wirkt sich besonders nachteilig bei den Dentalkunststoffen aus, da diese permanent dem feuchten Mundmilieu ausgesetzt sind.

Um bei den Abriebversuchen eine Beeinflussung der Meßwerte durch Wasseraufnahme der Prüfkörper möglichst klein zu halten und einen Härteverlust durch Quellung aufzuzeigen, wurden alle Prüfkörper in einem auf 20 C temperierten Wasserbad von destilliertem Wasser gelagert.

Während ILG (7) und RITZE (15) von messbaren Massezunahmen nach 28 bzw. 10 Tagen sprechen, ergaben Versuche von BEGER (1), daß die Hälfte der Gesamtquellung nach 20 Tagen erreicht war. Aus diesem Grund wurden die Prüfkörper drei Wochen im Wasserbad gelagert.

Die Wägung der Prüfkörper für die Abrasionsmessungen wurde vor, während und nach der Wässerung mit einer Analysenwaage vorgenommen, so daß vier Meßergebnisse vorlagen.

Die folgenden Diagramme geben jeweils die Durchschnittswerte von fünf Prüfkörpern wieder, die von jedem Material untersucht wurden.



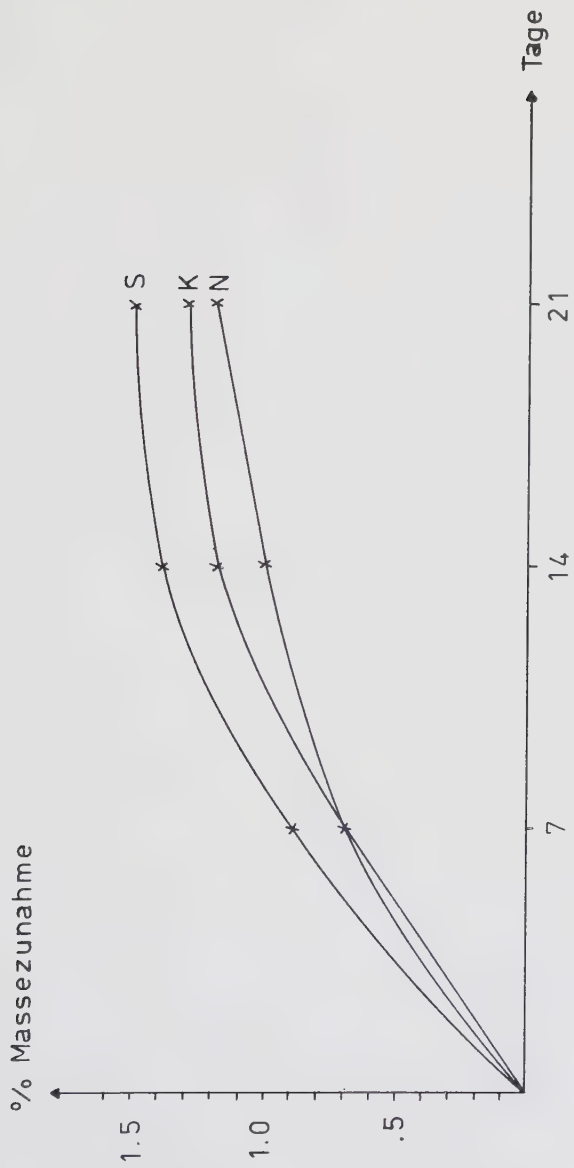


Abb. 2 Wasseraufnahme von Biodent K+B 75



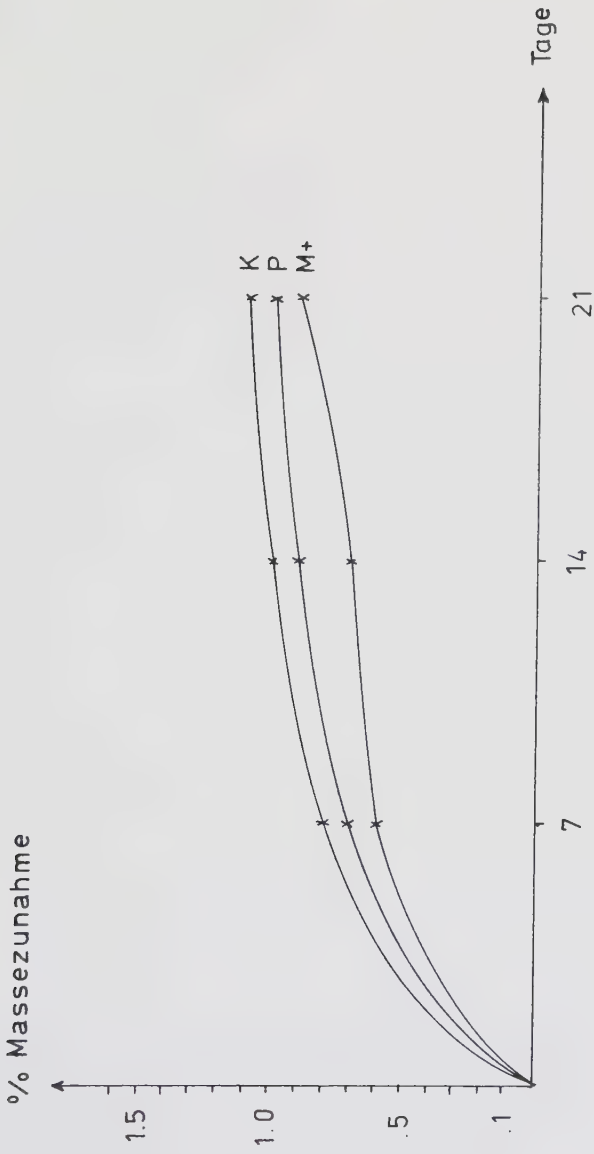


Abb. 3 Wasseraufnahme von Palapont 77 microfill



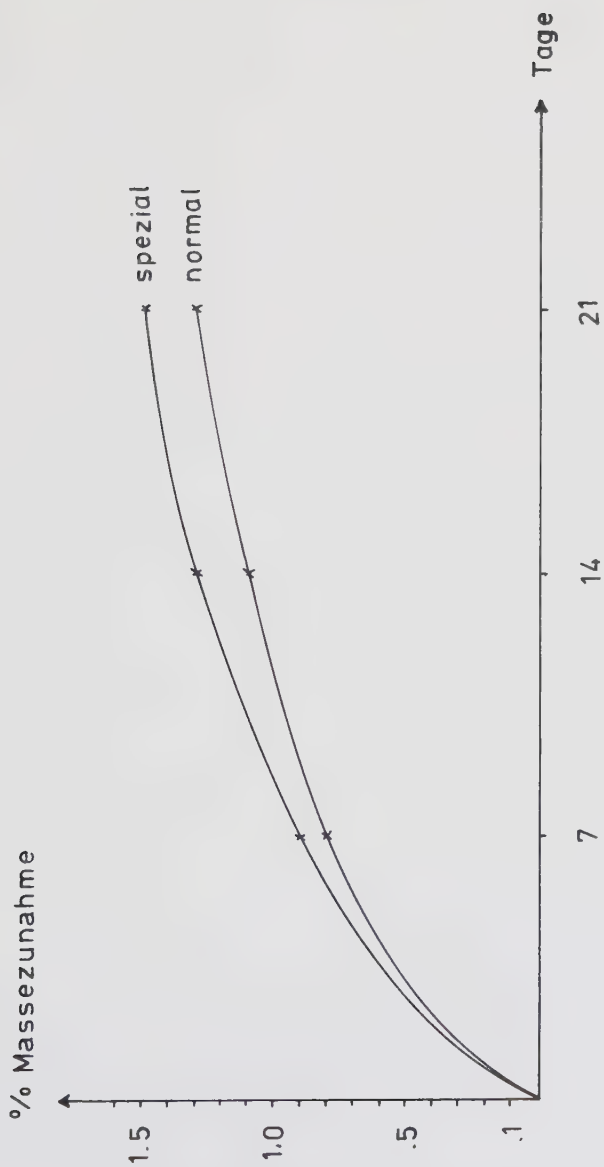


Abb. 4 Wasseraufnahme von Vita K+B 93



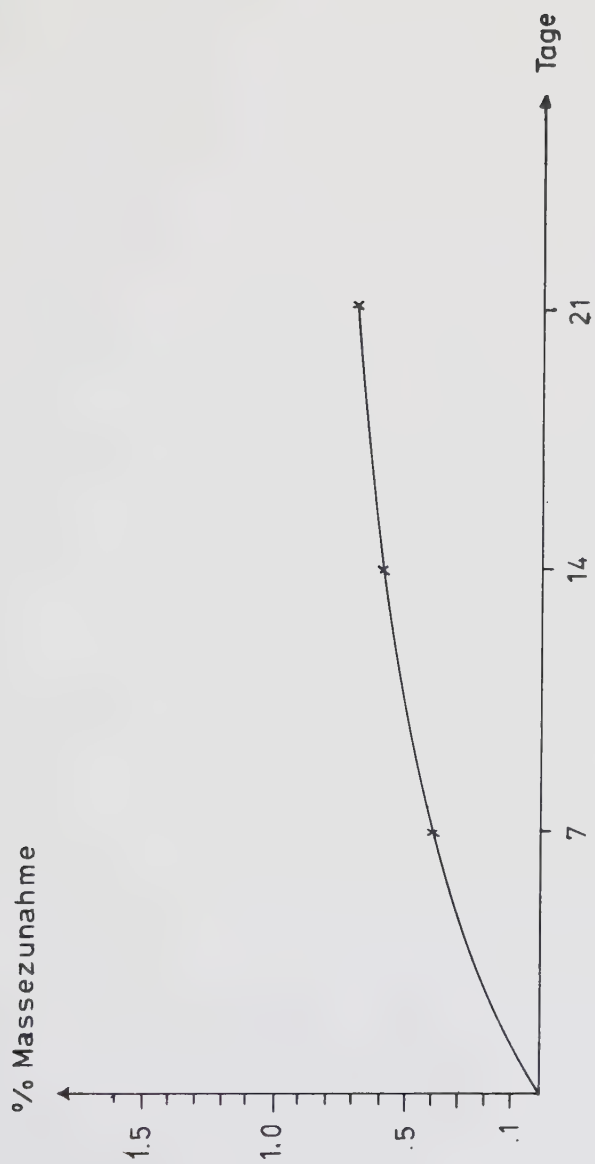


Abb. 5 Wasseraufnahme von SR-Isosit-PE



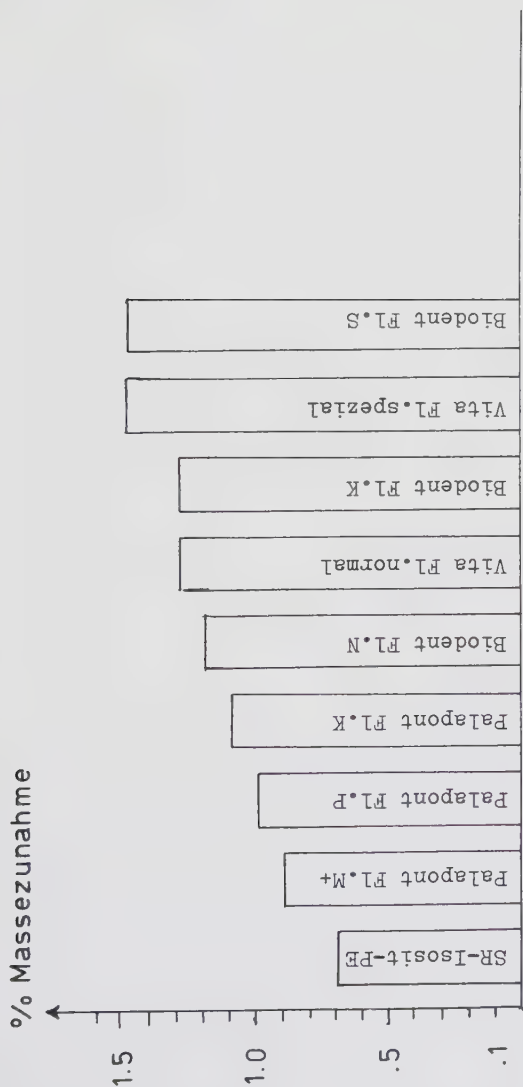


Abb. 6 Vergleichende Darstellung der Wasseraufnahme  
in % der Ausgangsmasse nach 21 Tagen



Wasseraufnahme in % der Ausgangsmasse nach  
dreiwöchiger Wässerung bei 20 C Wassertemperatur

| Material                     | Masseveränderung |
|------------------------------|------------------|
| SR-Isosit-PE                 | +0,7%            |
| Palapont 77 microfill Fl. M+ | +0,9%            |
| Palapont 77 microfill Fl. P  | +1,0%            |
| Palapont 77 microfill Fl. K  | +1,1%            |
| Biodent K+B 75 Fl. N         | +1,2%            |
| Vita K+B 93 Fl. normal       | +1,3%            |
| Biodent K+B 75 Fl. K         | +1,3%            |
| Vita K+B 93 Fl. spezial      | +1,5%            |
| Biodent K+B 75 Fl. S         | +1,5%            |



## 5. AUSWERTUNG DER QUELLUNGSKURVEN

Ein Vergleich der Werte der Quellungsversuche bei den untersuchten neun Materialien ergab Unterschiede von 0,7 bis 1,5 Masse-%. Auffällig war, daß die Materialien, welche mit Mikrofüllstoffen angereichert waren ( SR-Isosit mit pyrolytischer Kieselsäure und Palapont 77 microfill mit pyrogenem Siliciumdioxid ) die besseren Werte gegenüber Biodent K+B 75 und dem ungefüllten Vita K+B 93 erreichten.

Eine Auswertung der Quellungskurven zeigte bei den Materialien mit den besseren Werten nach sieben Tagen Wässerung eine deutliche Abflachung der Kurve. Dies ließ den Eindruck entstehen, daß in den ersten sieben Tagen eine relativ große Wasserzunahme stattgefunden hatte, welche mehr als 50 % der Massezunahme in den drei Wochen der Lagerung im Wasserbad betrug. Bei Biodent K+B 75 und Vita K+B 93 dagegen war eine wesentlich geringere Abflachung der Quellungskurve nach sieben Tagen festzustellen und der Anteil der Gesamtmassezunahme betrug in den ersten Wochen weniger als 50 %.

Eine Beurteilung, inwiefern nach 21 Tagen der Grad der Quellung bei den neun Versuchsmaterialien fortgeschritten war, läßt sich nicht abgeben. Die geringe Steigung der Quellungskurven nach sieben Tagen bei SR-Isosit-PE und Palapont 77 microfill läßt aber den Schluß zu, daß bei diesen beiden Stoffen die Sättigung durch die Wasseraufnahme schneller erreicht war, als bei den anderen Fabrikaten.



Bemerkenswert war ein starker Monomergeruch des Wassers der kaltpolymerisierenden Verblendkunststoffe der Firmen De Trey und Kulzer auch noch nach dreiwöchiger Lagerung.

Ob eine Massezuwachs bei einer Lagerung im Wasserbad lediglich auf der Aufnahme von Wasser beruht, oder ein Austausch von Monomer- und Wassermolekülen stattfindet, konnte mit den angewandten Untersuchungsmethoden nicht unterschieden werden. Ein intensiver Monomergeruch, zumindest bei zwei der untersuchten Kunststoffe, deutet auf einen Austauschvorgang Wasser-Monomer hin.



## 6. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

### 6.1. Abrasionsmessung

Abrieberscheinungen am natürlichen Gebiß und die sich daraus ergebenden Probleme für die Materialeigenschaften der in der Prothetik benutzten Werkstoffe beschäftigen seit langem Zahnärzte, Zahntechniker und Naturwissenschaftler mit dem Ziel der Entwicklung von Materialien, welche möglichst die gleichen Abriebwerte wie der Zahnschmelz aufweisen und gleichzeitig die Verarbeitung und Ästhetik zufrieden stellen sollten.

Werkstoffe, wie die keramischen Massen, welche eine größere Härte als auch eine größere Abrasionsfestigkeit als der Zahnschmelz aufweisen, können leicht zu desmodontischen Beschwerden führen (11). Demgegenüber haben Materialien, welche sich schneller abnutzen, wie die Kunststoffe, den Nachteil, gerade im sichtbaren Bereich relativ schnell unansehnlich zu werden. Auch kann die Abnutzung zu Bißsenkungen führen (16).

Diese höheren Abnutzungserscheinungen der Kunststoffe haben eine Reihe von Autoren bewogen, sich mit diesen Eigenschaften zu beschäftigen (1,2,4,14,16,17,18,19,20). Da es sich hierbei um rein experimentelle Untersuchungen handelte, bestand die Schwierigkeit darin, einen Versuchsaufbau zu wählen, der den anatomischen und chemischen Bedingungen des oralen Milieus möglichst nahe kommt. Eine besondere Rolle spielte hierbei die Frage, wogegen die zu untersuchenden Materialien abradieren sollten.



Einige Autoren (14,17,18,19,20) wandten den sogenannten Zahnbürstentest an, bei dem rotierende Bürsten in Verbindung mit Abrasivstoffen wie Zahnpasta oder Bimssteinpulver Abnutzungserscheinungen an den Prüfkörpern hervorrufen. Eine weitere Methode besteht darin, einen Festkörper unter Last gegen das zu untersuchende Material reiben zu lassen. (1,4,6,9)

Wie schon von BEGER (1) und GALLER (4) wurde eine Abrasionsmaschine verwendet, welche auf dem Prinzip des Dox-Einschleifgerätes der Fa. Yota aufbaut. Grundbestandteil ist ein Artikulator, dessen Unterteil durch einen Excenter kreisende Bewegungen ausführt. Als Antrieb dient ein Elektromotor, dessen Welle über einen Keilriemen und Zahnräder den Excenter antreibt. Die Umdrehungen werden mit einem Zählwerk gemessen. Jede Umdrehung (Zyklus) entspricht 3,6 Kreisbewegungen des Artikulators.

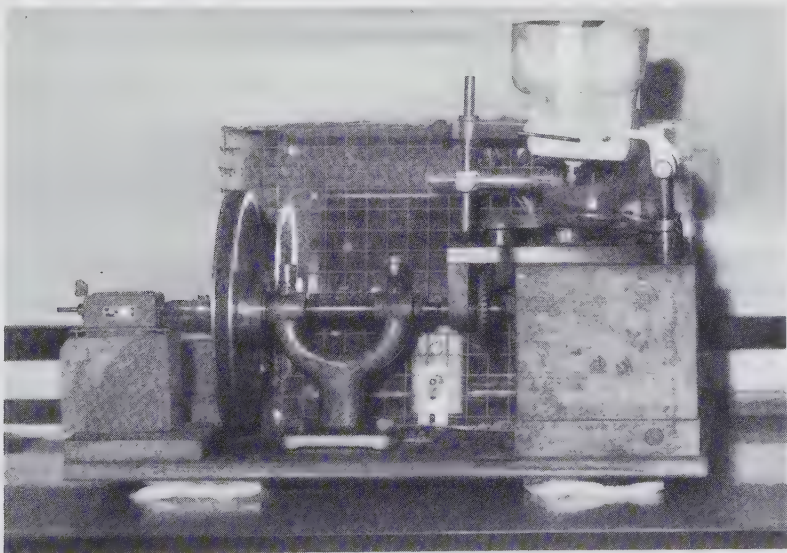


Abb. 7 Die Abrasionsmaschine. Gesamtansicht



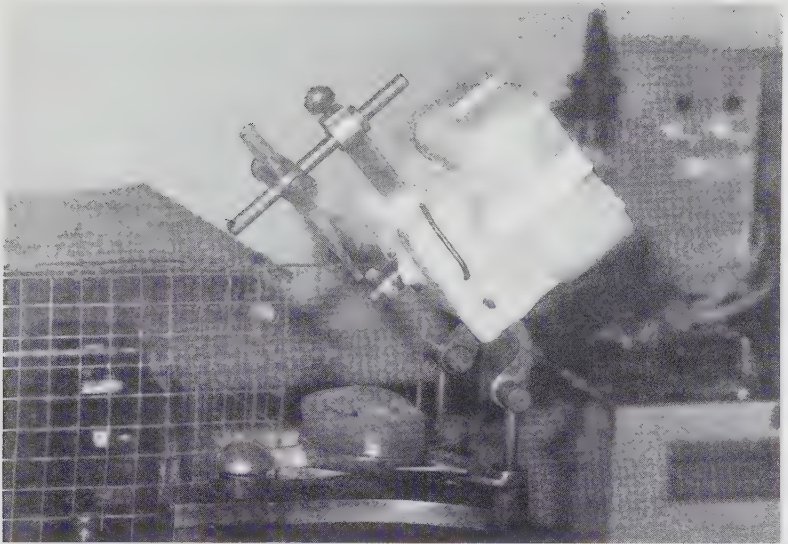


Abb. 8 Die Abrasionsmaschine, Seitenansicht mit eingespanntem Prüfkörper und Glasrohr für die Umspülung mit Wasser

Die Prüfkörper wurden im Artikulatoroberteil mit einer Schraube in einer Messinghülse fixiert. Als Antagonist, gegen den die zu untersuchenden Materialien abreiben sollten, diente ein Keramikzylinder. Aus diesem Material werden Mineralzähne hergestellt. Dieser Keramikzylinder wurde an einer den Prüfkörpern zugewandten Stirnseite mit einer feinen Diamantscheibe naß beschliffen, so daß bei allen Versuchen immer die gleiche, plane Oberfläche verwandt wurde (5).



Als Belastung diente die von EICHNER (3) definierte Mittelwertkaukraft von 19,6 Newton. Die Abrasionsflächen wurden von destilliertem Wasser, welches auf 37 C temperiert war, umspült. Hierdurch sollte vermieden werden, daß abradierte Teilchen als Schleifmittel fungieren konnten.

Von jedem der neun Kunststoffe wurden fünf Prüfkörper den Abriebversuchen unterzogen. Nach der dreiwöchigen Wässerung wurde jeder Prüfkörper gewogen. Die Ergebnisse dieser Wägung stellten dann den Ausgangswert für die Abrasionsversuche dar.

Die Prüfkörper wurden während des Versuchs nach je 1000 und 5000 Zyklen gewogen. Beendet wurden die Abrasionmessungen mit der letzten Wägung nach 10000 Zyklen.

In der graphischen Darstellung wurden die Mittelwerte der fünf Prüfkörper eines Materials eingesetzt. Die Differenz zur Ausgangsmasse vor dem Versuchsbeginn ergab den Massenverlust nach der jeweiligen Zyklenzahl in Prozent, bezogen auf die Ausgangsmasse.



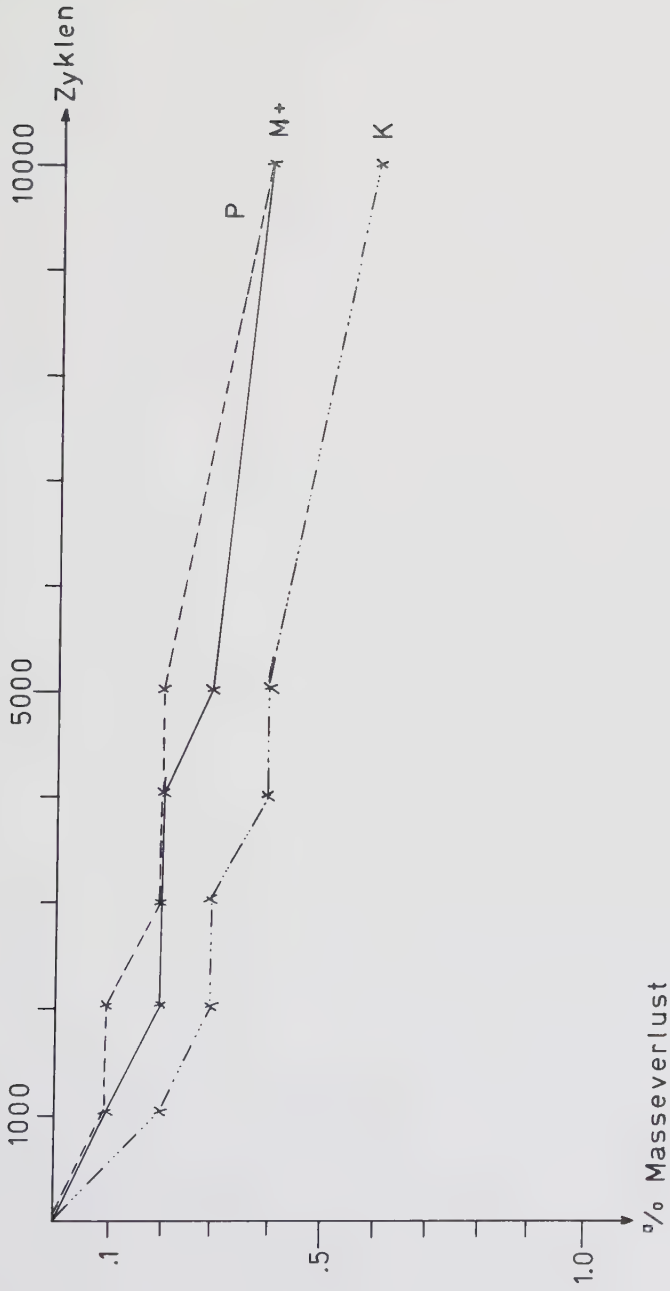


Abb. 9 Masseverlust von Palapont 77 microfill



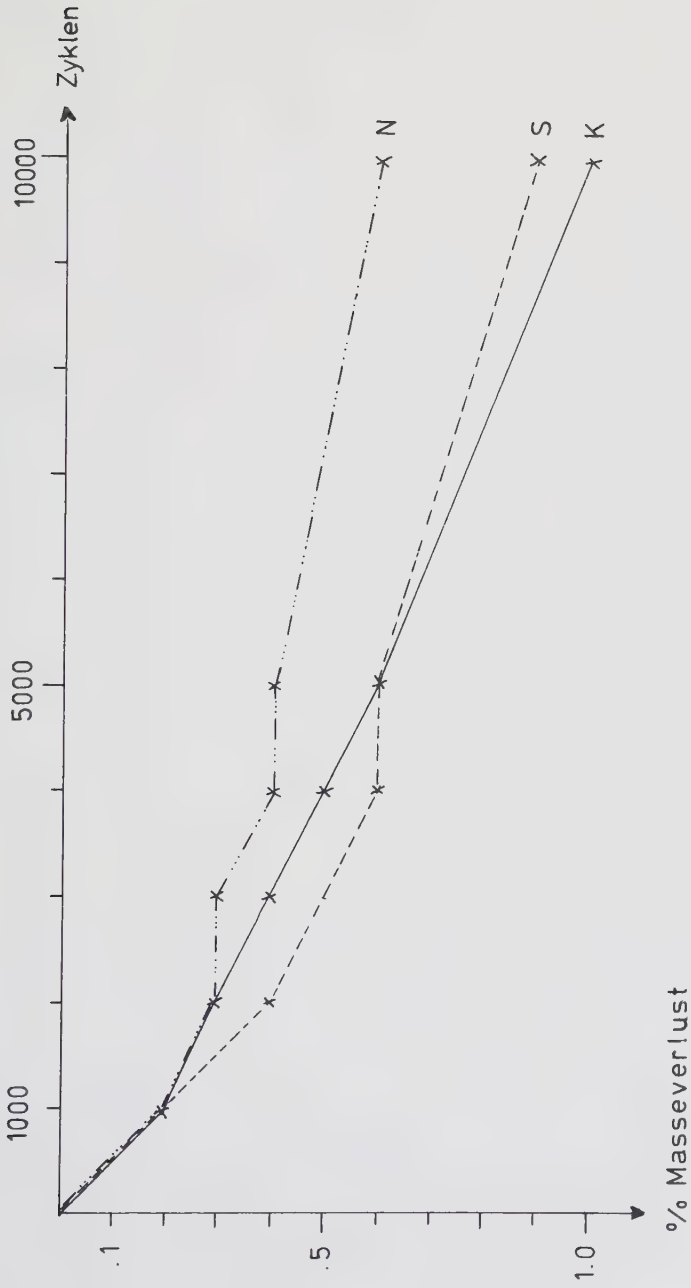


Abb. 10

Masseverlust von Biodent K+B 75



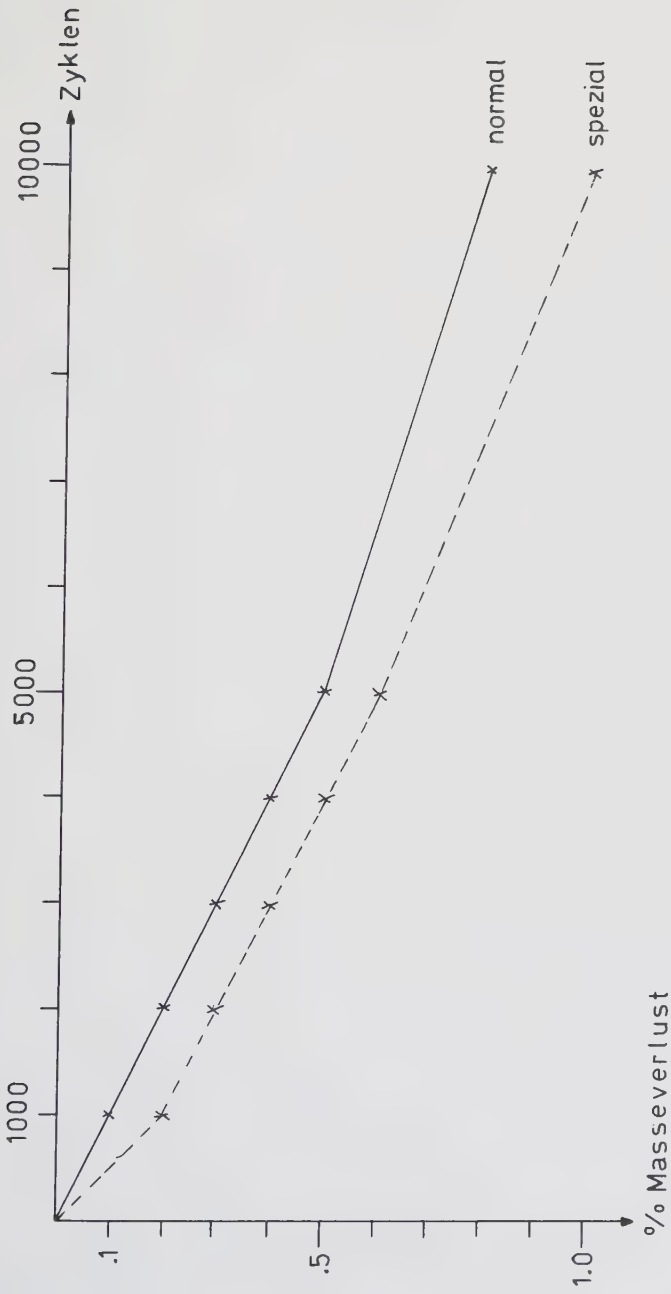


Abb. 11 Masseverlust von Vita K+B 93



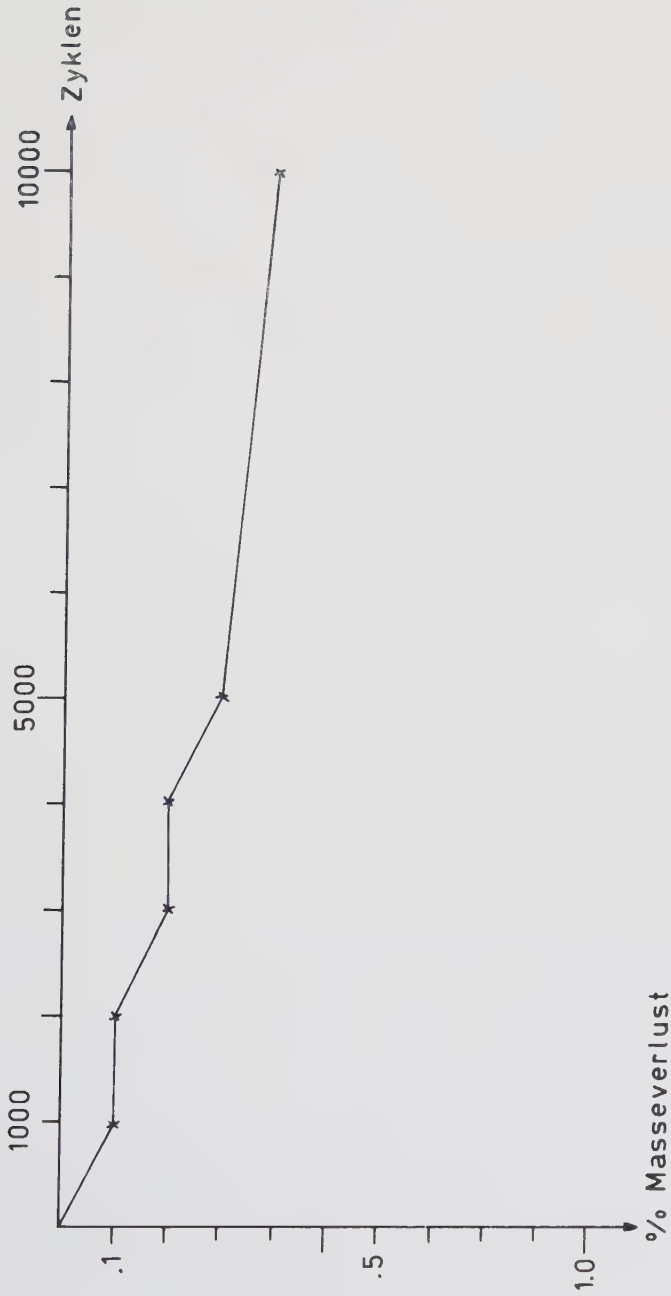
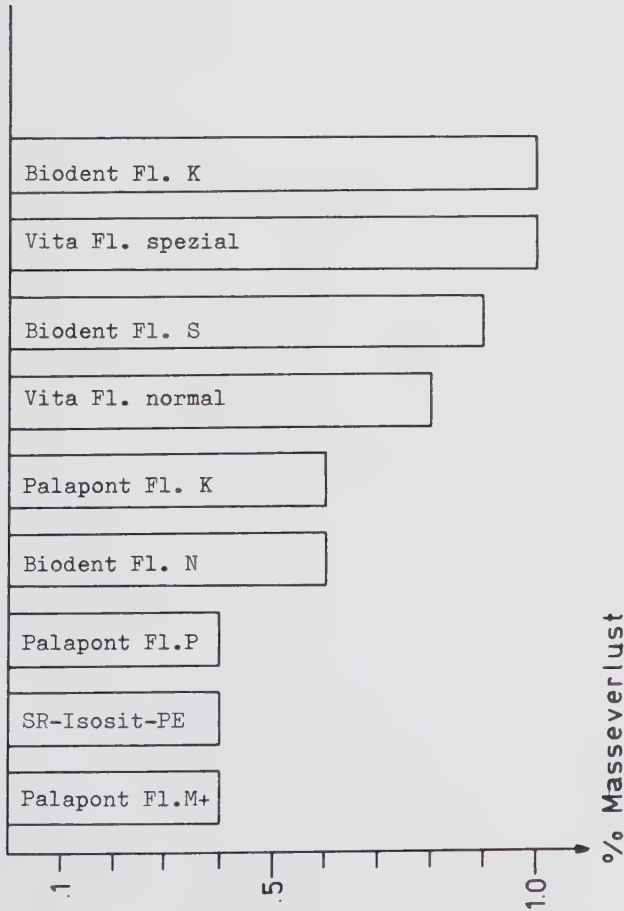


Abb. 12

Masseverlust von SR-Isosit-PE





Vergleichende Darstellung des Masseverlustes  
in % der Ausgangsmasse nach 10 000 Zyklen

Abb. 13



Masseänderung durch Abrasion nach 10 000 Zyklen  
angegeben in % der Ausgangsmasse

| Material                                  | Masseveränderung |
|-------------------------------------------|------------------|
| Palapont 77 microfill Fl. M+              | -0,4%            |
| SR-Isosit-PE                              | -0,4%            |
| Palapont 77 microfill Fl. P               | -0,4%            |
| Biodent K+B 75                      Fl. N | -0,6%            |
| Palapont 77 microfill Fl. K               | -0,6%            |
| Vita K+B 93      Fl. normal               | -0,8%            |
| Biodent K+B 75                      Fl. S | -0,9%            |
| Vita K+B 93      Fl. spezial              | -1,0%            |
| Biodent K+B 75                      Fl. K | -1,0%            |



## 7. HÄRTEPRÜFUNG

Für die Härteprüfung wurde die von REMEK (13) verwendete Kleinlast-Härtemeßmethode nach MÜLLER (12) praktiziert. Diese Versuchsmethode hat den Vorteil, noch während der Belastung den Diamant-Eindruck ausmessen zu können.

Gegenüber anderen Verfahren, welche von MARX (8) und MOTT (10) beschrieben werden, wird bei dieser Kleinlast-Härtemeßmethode das hohe elastische Deformationsverhalten der Kunststoffe berücksichtigt.

Durchgeführt wurden die Versuche mit dem Optidur-Gerät\*. Auf der Basis des Vickers-Verfahrens wird hierbei ein pyramidenförmiger Diamant mit definierter Aufsetzgeschwindigkeit (80  $\mu\text{m/s}$ ) und einer wählbaren Auflagekraft in die Prüfkörper gedrückt. Unter Last wird dann durch den Diamanten hindurch der Eindruck direkt gemessen.

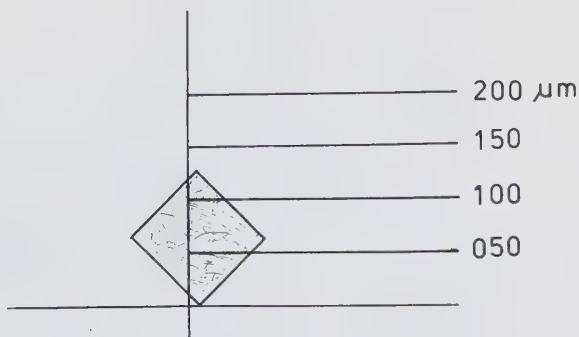


Abb. 14      Blick auf die Skala des Mikroskops

\* (Fa. Göttfert, 6967 Buchen)



Bei dem entstandenen Eindruck werden die beiden Diagonalen mit einer Genauigkeit von 1/1000 mm abgelesen und aus beiden Messungen ein Mittelwert gebildet. Nach folgender Formel läßt sich bei bekannter Prüfkraft (P) und gemessener Diagonalenlänge die Vickershärte errechnen:

$$\frac{1854 \times P}{d^2} = HV \text{ (kp/mm}^2\text{)} \times 9,81 \approx HV \text{ (N/mm}^2\text{)}$$



Abb. 15      Optidur-Gerät für die Kleinlast-  
Härtemeßmethode



Von jedem Material wurden drei Prüfkörper hergestellt, deren Härte jeweils fünfmal gemessen wurde. Die Messungen wurden vor der Wässerung und in wöchentlichem Abstand während der Wässerung durchgeführt. Die graphische Darstellung zeigt den Mittelwert der Härteveränderungen aus je fünf Messungen jedes untersuchten Materials.



Abb. 16 Härteänderung von Biodent K+B 75

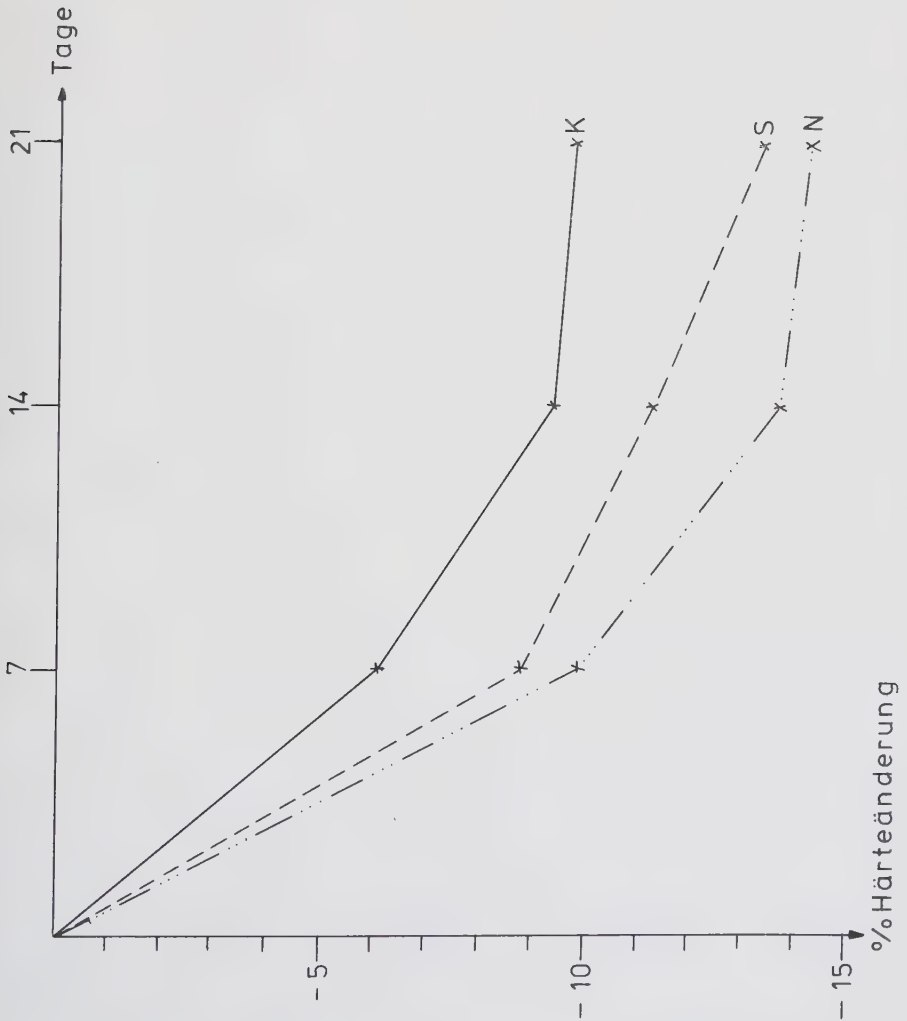




Abb. 17 Härteänderung von Palapont 77 microfill

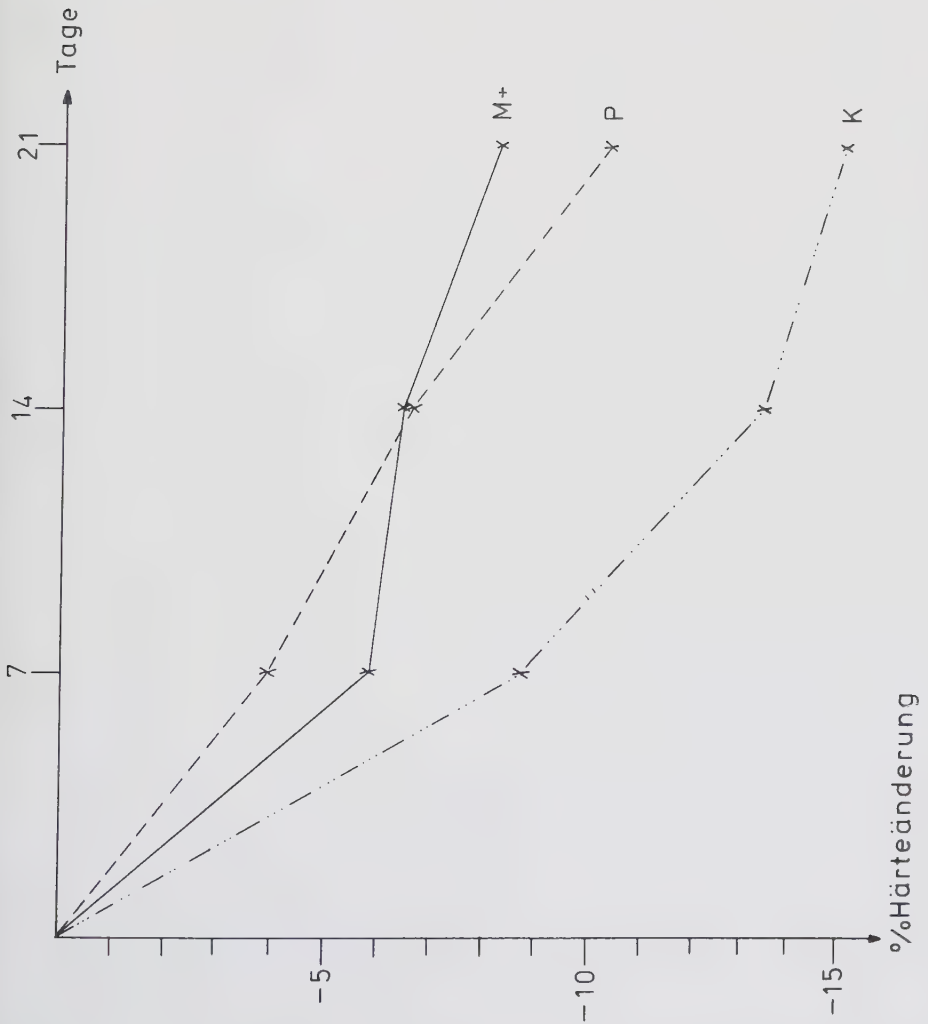




Abb. 18 Härteänderung von Vita K+B 93

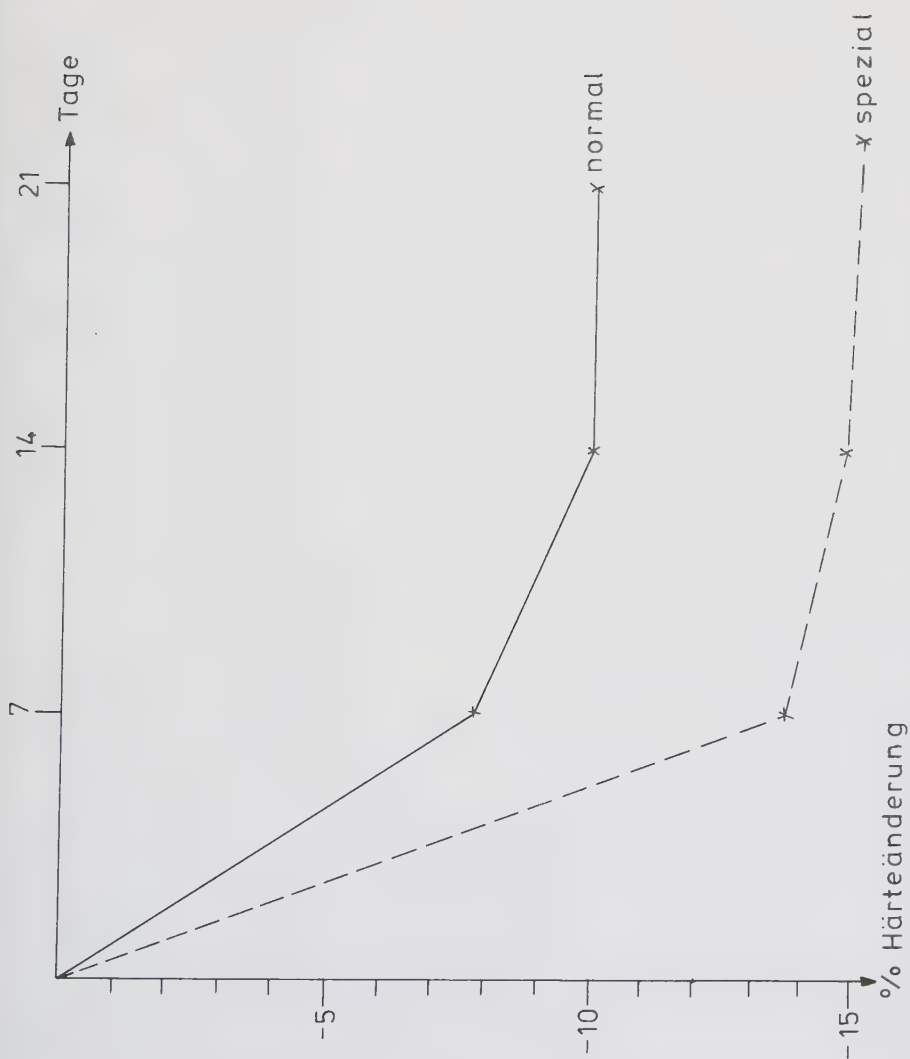




Abb. 19 Härteänderung von SR-Isosit-PE

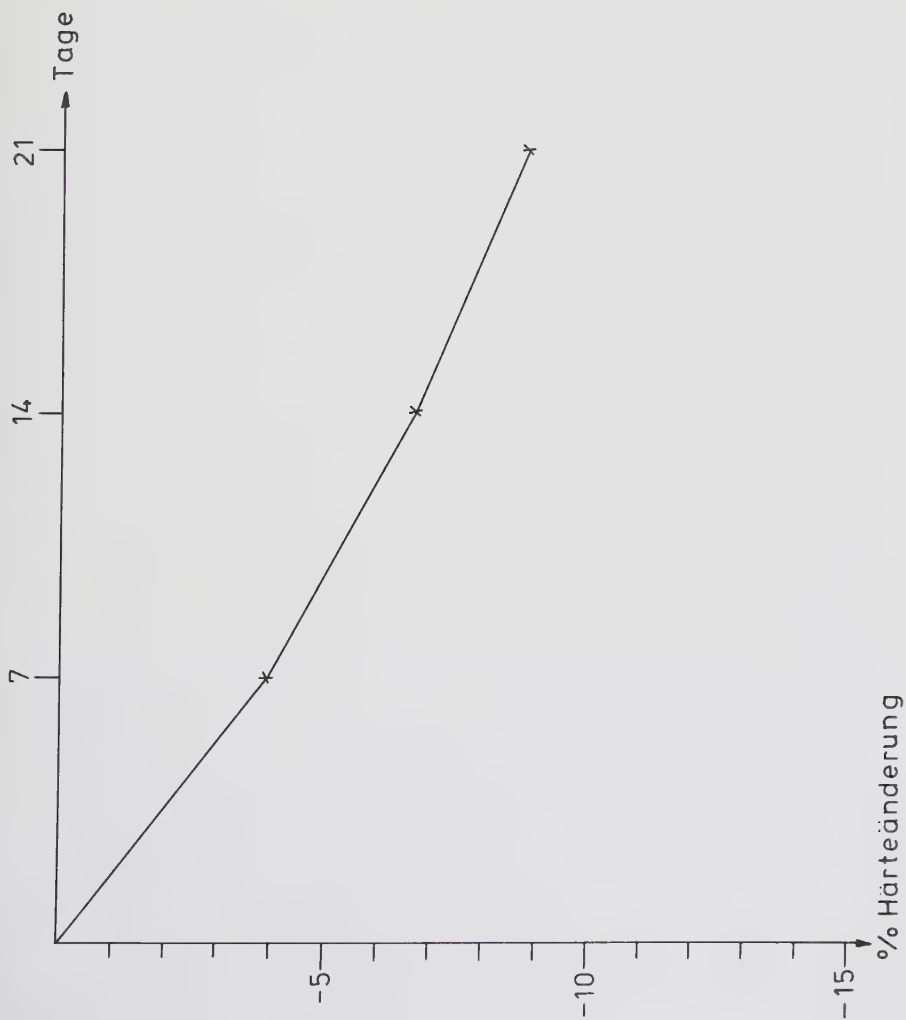
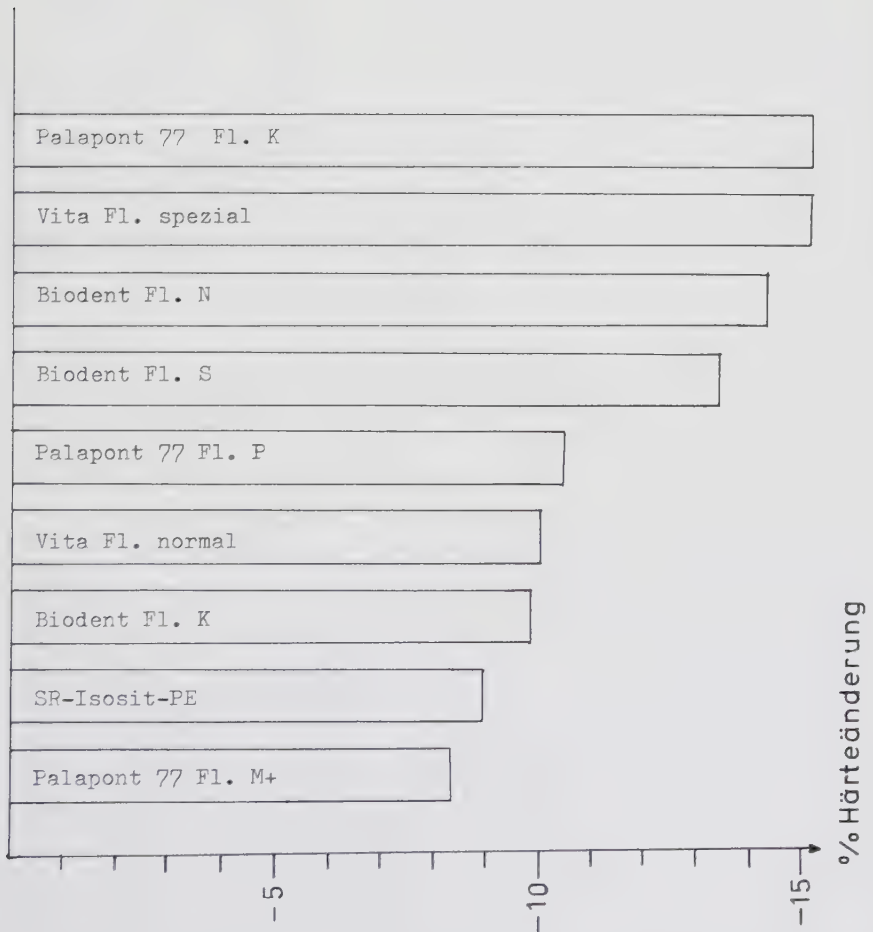




Abb. 20 Vergleichende Darstellung der Härte-  
änderung in % der Ausgangshärte nach  
dreiwöchiger Wasserlagerung.





In den folgenden Tabellen zur Härteprüfung findet man die Ausgangshärtewerte für je drei Prüfkörper eines Materials mit der Schwankungsbreite von fünf Messungen am selben Prüfkörper. Aus den Härtewerten der drei Prüfkörper jeden Materials wurde die mittlere Härte ermittelt. Die zweite Wertegruppe zeigt die Härte nach dreiwöchiger Wasserlagerung der Proben und schließlich findet man den prozentualen Härteunterschied, der durch die Wasserlagerung entstanden ist.



# ERGEBNISSE DER HÄRTEPRÜFUNG

| Prüf-<br>körper | Ausgangshärte, Mittel<br>aus 5 Messgg. in N/mm <sup>2</sup> | mittlere Härte<br>in N/mm <sup>2</sup> | Härte nach 3 Wochen<br>Wässerung in N/mm <sup>2</sup> | mittlere Härte<br>in N/mm <sup>2</sup> | Härte-<br>änderung |
|-----------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------|
|                 |                                                             | Biodent K+B                            | Flüssigkeit K                                         |                                        |                    |
| 1               | 164 ± 6                                                     |                                        | 147 ± 3                                               |                                        |                    |
| 2               | 165 ± 4                                                     | 163                                    | 148 ± 2                                               | 147                                    | - 9,8%             |
| 3               | 161 ± 5                                                     |                                        | 147 ± 1                                               |                                        |                    |
|                 |                                                             |                                        | Flüssigkeit S                                         |                                        |                    |
| 1               | 176 ± 2,5                                                   |                                        | 156 ± 4,5                                             |                                        |                    |
| 2               | 177 ± 5                                                     | 175,5                                  | 156 ± 2                                               | 155,5                                  | -13,4%             |
| 3               | 174 ± 5                                                     |                                        | 155 ± 2                                               |                                        |                    |
|                 |                                                             |                                        | Flüssigkeit N                                         |                                        |                    |
| 1               | 187 ± 4,5                                                   |                                        | 161 ± 1                                               |                                        |                    |
| 2               | 190 ± 5                                                     | 188,5                                  | 161 ± 4,5                                             | 161,5                                  | -14,3%             |
| 3               | 188 ± 2                                                     |                                        | 162 ± 1,5                                             |                                        |                    |



| Prüf-<br>körper                     | Aushangshärte, Mittel<br>aus 5 Messgg. in N/mm <sup>2</sup> | mittlere Härte<br>in N/mm <sup>2</sup> | Härte nach drei Wochen<br>Wässerung in N/mm <sup>2</sup> | mittlere Härte<br>in N/mm <sup>2</sup> | Härte-<br>änderung |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------|
| Palapont 77 microfill Flüssigkeit K |                                                             |                                        |                                                          |                                        |                    |
| 1                                   | 136 ± 3                                                     |                                        | 116 ± 2,5                                                |                                        |                    |
| 2                                   | 136 ± 2,5                                                   | 136                                    | 116 ± 1,5                                                | 115,5                                  | -15,1%             |
| 3                                   | 136 ± 2,5                                                   |                                        | 115 ± 1                                                  |                                        |                    |
| Flüssigkeit P                       |                                                             |                                        |                                                          |                                        |                    |
| 1                                   | 194,5 ± 6,5                                                 |                                        | 174 ± 3,5                                                |                                        |                    |
| 2                                   | 198 ± 4,5                                                   | 197,5                                  | 178 ± 4,5                                                | 177                                    | -10,4%             |
| 3                                   | 200 ± 3                                                     |                                        | 179 ± 3                                                  |                                        |                    |
| Flüssigkeit M+                      |                                                             |                                        |                                                          |                                        |                    |
| 1                                   | 173 ± 3,5                                                   |                                        | 161 ± 1,5                                                |                                        |                    |
| 2                                   | 174 ± 2                                                     | 174                                    | 159 ± 3                                                  | 159,5                                  | - 8,3%             |
| 3                                   | 175 ± 3,5                                                   |                                        | 158 ± 5                                                  |                                        |                    |



| Prüf-<br>körper                   | Ausgangshärte, Mittel<br>aus 5 Messgg. in N/mm <sup>2</sup> | mittlere Härte<br>in N/mm <sup>2</sup> | Härte nach 3 Wochen<br>Wässerung in N/mm <sup>2</sup> | mittlere Härte<br>in N/mm <sup>2</sup> | Härte-<br>änderung |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------|
| Vita K+B      Flüssigkeit spezial |                                                             |                                        |                                                       |                                        |                    |
| 1                                 | 162 ± 2                                                     |                                        | 137 ± 2                                               |                                        |                    |
| 2                                 | 163 ± 2,5                                                   | 162,5                                  | 137,5 ± 3                                             | 138                                    | -15,1%             |
| 3                                 | 162 ± 2                                                     |                                        | 140 ± 3,5                                             |                                        |                    |
| Vita K+B      Flüssigkeit normal  |                                                             |                                        |                                                       |                                        |                    |
| 1                                 | 180 ± 3                                                     |                                        | 162 ± 3                                               |                                        |                    |
| 2                                 | 179,5 ± 4,5                                                 | 180                                    | 162 ± 4                                               | 162                                    | -10%               |
| 3                                 | 180 ± 4                                                     |                                        | 162 ± 5                                               |                                        |                    |
| SR-Isosit-PE                      |                                                             |                                        |                                                       |                                        |                    |
| 1                                 | 211 ± 4                                                     |                                        | 194 ± 2                                               |                                        |                    |
| 2                                 | 214 ± 6                                                     | 213,5                                  | 194 ± 2,5                                             | 194,5                                  | -8,9%              |
| 3                                 | 215 ± 7                                                     |                                        | 195 ± 6,5                                             |                                        |                    |



## 8. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Die Untersuchungen der Wasseraufnahme, des Härteverhaltens und der Abrasionsfestigkeit führten zu folgenden Ergebnissen:

Bei der Untersuchung der Wasseraufnahme ergaben sich deutliche Unterschiede der geprüften Materialien. Die Kunststoffe, welche mit Mikrofüllstoffen angereichert waren, SR-Isosit-PE und Palapont 77 microfill, zeigten eine geringere Massezunahme nach 21 Tagen Lagerung im Wasserbad gegenüber Biodent K+B 75 und Vita K+B 93.

Der Verlauf der Quellungskurven ergab außerdem, daß im Verlauf der dreiwöchigen Wässerung bei SR-Isosit-PE und Palapont 77 microfill eine Massezunahme von mehr als 50% der gesamt gemessenen Zunahme bereits nach sieben Tagen eingetreten war. Danach verlief die Kurve des Diagramms wesentlich flacher. Hieraus kann man entnehmen, daß SR-Isosit-PE und Palapont 77 microfill nach der dreiwöchigen Wässerung der absoluten Sättigung durch Wasseraufnahme näher waren als Biodent K+B 75 und Vita K+B 93.

Bei den Abrasionsmessungen läßt sich der Kurvenverlauf aller Materialien anhand der Form der Prüfkörper erklären. Die konische Form der Prüfkörper ergab zu Beginn der Versuche einen relativ starken Abrieb, der mit steigender Versuchsdauer, d.h. mit größerer Abriebfläche sowie abnehmendem spezifischem Druck geringer wurde.



Von den neun untersuchten Verblendkunststoffen wiesen drei: SR-Isosit-PE, Palapont 77 microfill mit den Flüssigkeiten P und M+ die niedrigsten Abrasionswerte auf. Nach 10 000 Zyklen waren bei ihnen 0,4 % der Ausgangsmasse abgerieben worden, was nur einem Abrieb von 40 % gegenüber den beiden Materialien Vita K+B 93 Flüssigkeit spezial und Biodent K+B 75 Flüssigkeit K entsprach, welche bei diesem Versuch den höchsten Abrieb zeigten. Biodent K+B 75 in Verbindung mit der Flüssigkeit K soll allerdings nach Firmenangabe nur für Provisorien verarbeitet werden.

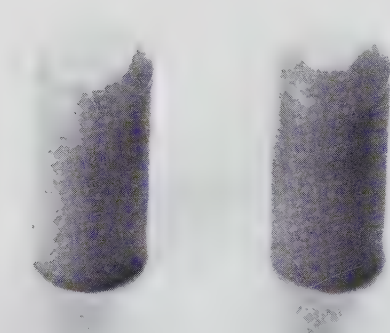


Abb. 21      Prüfkörper nach 10 000 Zyklen Abriebversuch  
Links: Vita K+B 93 Flüssigkeit spezial  
Rechts: SR-Isosit-PE



Insgesamt zeigten die Materialien, welche mit Mikrofüllstoffen angereichert sind die niedrigsten Abriebwerte. Dies läßt für die in diesem Versuch geprüften Materialien den Schluß zu, daß Mikrofüllstoffe Kunststoffen ein günstiges Abriebverhalten verleihen. Vielleicht ist eine dichtere bzw. stabilere Struktur der Verbindung Matrix-Mikrofüllstoff die Erklärung für die besseren Werte gegenüber dem mit herkömmlichen anorganischen Füllstoffen angereichertem Biodent K+B 75.

Der Vergleich zwischen Biodent K+B 75 und Vita K+B 93 bestätigte die von UETZ und FÖHL (20) beschriebenen Versuche, bei denen mit anorganischen Füllstoffen versehene Verblendmaterialien geringeren Abrieb zeigten als ungefüllte Kunststoffe.

Diesen experimentellen Versuchen stehen Untersuchungen von STREITL (19) gegenüber, der nachweisen konnte, daß gefüllte Kunststoffe eine geringere Mundbeständigkeit aufweisen als ungefüllte.

Die Untersuchung der Härte zeigte Ergebnisse, bei denen man differenzieren muß zwischen der gemessenen Anfangshärte und der Härteabnahme im Verlauf der dreiwöchigen Wässerung.

Bei der gemessenen Anfangshärte betrug die Spanne 136-213,5 N/mm<sup>2</sup> Vickers-Härte, wobei Palapont 77 microfill mit der Flüssigkeit K einen um 16 % niedrigeren Wert aufwies als das nächste Material. Die höchsten Werte erreichte SR-Isosit-PE mit einer mittleren Härte von 213,5 N/mm<sup>2</sup>, womit es um 7,5 % höher lag als Palapont 77 microfill mit der Flüssigkeit P. Bei diesen Härteuntersuchungen ließen die Ergebnisse keine eindeutige Trennung



zwischen den einzelnen Materialgruppen zu wie bei der Wasseraufnahme und den Abrasionsversuchen. Sowohl das ungefüllte Vita K+B 93 Flüssigkeit normal, wie auch Biodent K+B 75 Flüssigkeit N erreichten mit 180 bzw. 188,5 N/mm<sup>2</sup> bei diesen Messungen gute Ergebnisse. Eine sehr starke Streuung zeigte sich bei dem Verlust der Härte durch die Wasserlagerung. Palapont 77 micro-fill Flüssigkeit M+ und SR-Isosit-PE erreichten mit 8,3 % bzw. 8,9 % Härteabnahme die höchsten Werte in diesem Versuch.

Bemerkenswert war, daß Biodent K+B 75 Flüssigkeit K mit 9,8 % Härteabnahme den drittbesten Wert aller untersuchten Materialien erzielte, bei den Untersuchungen der Wasseraufnahme und des Abriebs hingegen zu den Kunststoffen mit den weniger guten Ergebnissen gehörte.

Abgesehen von SR-Isosit-PE, welches nur mittels Druck-Heiß-Polymerisation aushärtet, erreichten die drei anderen Fabrikate in Verbindung mit den Flüssigkeiten, welche im Wasserbad polymerisieren, die höheren Härtewerte im Vergleich zu den Flüssigkeiten, welche andere Polymerisationsarten erfordern. Dies bestätigt die Aussage von REMEK (13) wonach das Herstellungsverfahren die bei einem Material erzielte Härte beeinflusst.

Vergleicht man die untersuchten Parameter Härte, Abrasion und Wasseraufnahme untereinander, scheint die Härte in keinem direktem Zusammenhang zur Abrasion zu stehen. Die naheliegende Vermutung, daß durch Quellung die Härte abnimmt, konnte zwar bestätigt werden, jedoch fehlte ein quantitativer Zusammenhang zwischen der aufgenommenen Wassermenge und dem Härteverlust.

Anders verhält es sich zwischen Wasseraufnahme und Abrasion. Die Materialien mit den niedrigen Abrasionswerten zeigen



auch eine geringe Wasseraufnahme. Diese Tatsache läßt sich so deuten, daß Wasser, welches in die Kunststoffstruktur eindringt, diese aufweitet und dadurch der Abrieb begünstigt wird.

Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß dieser Zusammenhang nur für die oben beschriebenen Untersuchungen Gültigkeit hat und nicht ohne weiteres verallgemeinert werden kann.

Die folgende Graphik verdeutlicht die Beziehung zwischen Wasseraufnahme und Abriebverhalten:

mit Ausnahme von Biodent K+B 75 mit den Flüssigkeiten S und K ist bei allen anderen untersuchten Verblendkunststoffen die Reihenfolge bei der Masseänderung durch Wasserzunahme bzw. Abrasion identisch, so weist z.B. SR-Isosit-PE bei beiden Untersuchungen die günstigsten Werte auf.



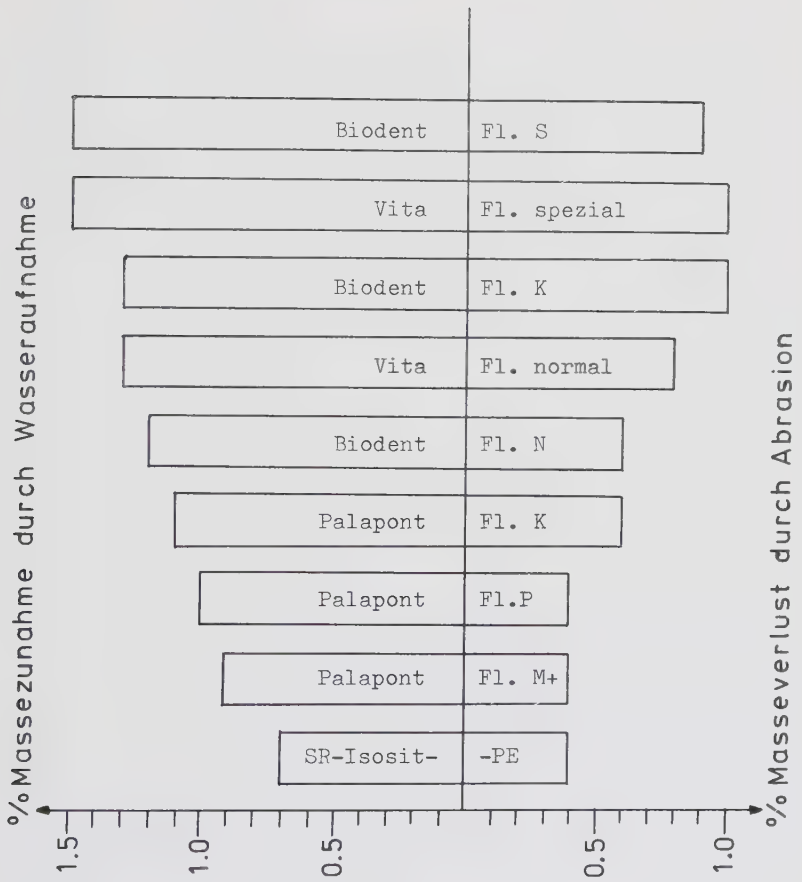


Abb. 22 Vergleichende Darstellung der Masse-  
änderung durch Wasseraufnahme und Abrieb



## 9. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurden neun zahnärztliche Verblendkunststoffe auf ihre Härte und Abriebfestigkeit untersucht. Dabei wurde versucht, einen Zusammenhang zwischen der Härte und dem Abrasionsverhalten aufzuzeigen.

Die Prüfkörper wurden bei definierten Bedingungen drei Wochen in Aqua dest. gelagert, um während der Abriebversuche, welche im feuchten Milieu durchgeführt wurden, eine Gewichtszunahme durch Quellung zu vermeiden. Wöchentliche Messungen dienten der Ermittlung des Härteverlustes durch Wasseraufnahme und der Massezunahme durch Quellung.

Es zeigte sich, daß durch Wasseraufnahme die Härte der Kunststoffe bis zu 15 % abnahm, ein direkter Zusammenhang zwischen der Menge des aufgenommenen Wassers und dem prozentualen Härteverlust ließ sich jedoch nicht nachweisen.

Die Abriebmessungen wurden auf einer Abrasionsmaschine durchgeführt und jeder Prüfkörper wurde während einer Prüfdauer von 10 000 Zyklen insgesamt sieben mal gewogen. Masseverluste, welche von 0,4 bis 1,0 % betrugen, zeigten bei diesen Untersuchungen eine große Streuung zwischen den einzelnen Materialien.

Der Vergleich zwischen Abrieb, Härte und Wasseraufnahme ergab lediglich eine Beziehung zwischen der Wasseraufnahme und der Abrasion.

Kunststoffverblendmaterialien, welche mit Microfüllstoffen angereichert sind, zeigten sich bei allen durchgeführten Versuchen herkömmlichen Kunststoffen überlegen.



10. LITERATURVERZEICHNIS

- 1 BEGER, G.:                   Abrasionsmessung an zahnärztlichen  
Werkstoffen nach Kontaktreibungen  
Med. Diss. Mainz 1975
  
- 2 BIESKE, R.H.:               Neue Methode zur Untersuchung der  
Abriebsfestigkeit zahnärztlicher  
Materialien  
Dtsch. Stomat. 8, 565-572 (1968)
  
- 3 EICHNER, K.:               Messung der Kräfte bei Kauvorgängen  
Dtsch. zahnärztl. Z. 18, 915-924 (1963)
  
- 4 GALLER, D.:               Abrasionsmessung an Kompositen  
nach Kontaktreibungen  
Med. Diss. Mainz 1976
  
- 5 HABECK, D.:               Abrieb und Härte von metallkeramischem  
Kronen- und Brückenzahnersatz  
Med. Diss. Berlin 1971
  
- 6 HÖHNLE, T.:               Über eine experimentelle Methode  
zur Prüfung der Abrasion von  
Kunststoffzähnen  
Med. Diss. Saarbrücken 1972
  
- 7 ILG, V.K.:                Untersuchungen über den thermischen  
Ausdehnungskoeffizienten des Paladons  
sowie über Längenänderung durch  
Wasseraufnahme und Austrocknung  
Dtsch. Stomat. 2, 1245-1251 (1965)



- 8 MARX, H.: Über die Härteuntersuchung  
zahnärztlicher Kunststoffe  
Stoma (Heidelberg) 17, 234-246 (1964)
- 9 MEYER, H.: Über die Abriebfähigkeit  
zahnärztlicher Kunststoffe  
Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 180 (1955)
- 10 MOTT, B.W.: Die Mikrohärteprüfung  
Berliner Union, Stuttgart (1957)
- 11 MÜHLEMANN, H.R.: Paradontologie  
RATEITSCHAK, K.H.: Georg Thieme Verlag, 172 (1975)  
RENGGLI, H.H.:
- 12 MÜLLER, K.: Anwendung einer neuentwickelten  
Kleinlast-Härtemeßmethode auf der  
Basis des Vickers-Verfahrens  
Kunststoffe 60, 265-273 (1970)
- 13 REMEK, P.: Vergleichende Härteuntersuchungen  
von Kunststoffen für Kronen- und  
Brückenverblendungen mit Hilfe einer  
optischen Härtemeßmethode  
Med. Diss. Mainz 1975
- 14 RITZE, H.: Frontzahnersatz: Kunststoff oder  
Porzellan?  
Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 905-914 (1969)



- 15 RITZE, H.:                   Quellung und Kunststoffe  
Dtsch. zahnärztl. Z. 20, 1245-1251 (1965)
- 16 RITZE, H.:                   Artikulation und Abrasion  
UDE, H.J.:                   Dtsch. zahnärztl. Z. 18, 1220-1226 (1961)
- 17 SCHMITZ, Kh.:               Über den Einfluß anorganischer  
DOUGHERTY, E.W.:           Füllstoffe auf die Abrasionsfestigkeit  
CATTS, R.:                   dentaler Kunststoffe  
MÜLLER, G.:                  Dental-Labor 21, 615-620 (1973)  
KOMMA, O.:  
SCHULMEYER, H.:
- 18 SONNTAG, Th.:               Messung einer durch Zahnbürsten ohne  
Schleifmittel hervorgerufenen Abrasion  
an Kunststoffen einschließlich  
Kompositen  
Med. Diss. Mainz 1975
- 19 STREITL, E.H.:              Zur Abrasion an Kronen- und Brücken-  
material mit und ohne anorganischem  
Füllstoff  
Dental-Labor 22, 1198-1203 (1974)
- 20 UETZ, H.:                   Abriebverhalten von Kunststoffen  
FÖHL, J.:                   für den dentalen Anwendungsbereich  
Dental-Labor 22, 596-604 (1974)



Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. Heinz Marx für die Überlassung des Themas und die verständnisvolle Unterstützung bei der Abfassung der Arbeit.

Herrn Dr. Stender danke ich für die Beratung bei der Auswertung der Versuchsergebnisse.

Ebenso danke ich Herrn Udo Kohlhaas für die technische Unterstützung bei der Versuchsdurchführung.



## Lebenslauf

Als erster Sohn des Kaufmanns Hermann Ewe und seiner Ehefrau Christl, geborene Rietkötter, wurde ich am 9.3.1948 in Castrop-Rauxel geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule trat ich 1958 in die Goethe-Schule, einem naturwissenschaftlichen Gymnasium, ein. Mein Abitur legte ich 1969 auf dem Privatgymnasium-Wilhelmshöhe in Kassel ab.

Nach zwei Semestern Chemie und Physik in Bonn und Mainz erhielt ich 1970 in Mainz einen Studienplatz zum Studium der Zahnheilkunde. Im Juni 1978 absolvierte ich an der Johannes-Gutenberg-Universität zu Mainz mein Staatsexamen. Im September 1978 heiratete ich Gudrun Bleicher, Tochter des Zahnarztes Erwin Bleicher und seiner Ehefrau Ursula.

Im März 1979 trat ich als Ausbildungsassistent in die Praxis meines Schwiegervaters in Bochum ein, welche ich seit dem 1.1.1981 als selbständiger Zahnarzt alleine weiterführe.





